ABONDANCE RELATIVE ET ESTIMATION DE LA BIOMASSE DES PETITS PELAGIQUES DES EAUX TUNISIENNES

Abdallah HATTOUR[1*], L. BEN ABDALLAH[1] et Y. GUENNEGAN[2]

1-Institut National des Sciences et Technologies de la Mer (INSTM)
2-Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER)
*abdallah.hattour@instm.rnrt.tn

ملخّـص

الوفرة النسبيّة للأسماك الصغيرة العائمة : تقدير مخزونها بالمياه التونسيّة : في إطار تنفيذ البرنامج الوطني المتعلّق بتقييم الموارد السطحيّة والقاعيّة للمياه التونسيّة (1996-1999) قام المعهد الوطني لعلوم وتكنولوجيا البحار (INSTM) بالتعاون مع المعهد الفرنسي لاستغلال البحار (IFREMER) سنة 1998 بحملتين استكشافيتين بعرض السواحل التونسيّة.
تصدّق هذين الحملتين أساسا تمكين فريق تونسي من تحديد الوفرة النسبيّة للأسماك الصغيرة العائمة وقراءة تغييراتها حسب الزمن والموقع وكذلك تقييم المخزون القابل للاستغلال.
أظهرت استكشافات الأسماك الصغيرة بالصدى تواجد مخزون لا بأس به يسمح بالنهوض بالقطاع وتطوير الإنزالات إلى حدود 60.000 طنّ على الأقلّ مع العلم أنّ هذا لا يمثّل سوى 75 % من الكميّة المقدّرة الّتي بالإمكان إنزالها بالمواني التونسيّة.
كلمات مفاتيح : الوفرة النسبيّة - تقييم المخزون – المخزون القابل للاستغلال – الأسماك الصغيرة العائمة – المياه التونسيّة

RESUME

Deux campagnes de prospection sur les petits pélagiques s'inscrivant dans le cadre du Programme National Mobilisateur (PNM), "Evaluation de ressources pélagiques et démersales des eaux tunisiennes" (1996-1999) ont été menée en étroite collaboration avec l'Institut Français de Recherche et d'Exploitation de la Mer (IFREMER). Ces campagnes ont pour objectifs de préciser l'abondance relative des petits pélagiques et leur variabilité spatiaux-temporelles mais également de quantifier les potentiels exploitables des stocks des animaux aquatiques préalablement définis, et surtout de familiariser l'équipe des scientifiques tunisiens, aux méthodes numériques et informatiques utilisées en participant à la lecture des échogrammes et aux traitements des données des campagnes en mer en vue d'évaluer les stocks.
Il est connu que les méthodes d'évaluation indirectes des stocks s'ajustent mal à des espèces telles que les petits pélagiques, raison pour laquelle on fait recours pour l'estimation de leur biomasse à la prospection acoustique en utilisant les techniques de l'écho-intégration.
Les dites prospections ont révélé que pour toute la Tunisie et malgré les sources possibles d'erreur dans le calcul du potentiel exploitable et compte tenu du niveau d'exploitation qui tourne au mieux autour de 35.000 tonnes, nous pouvons affirmer la possibilité d'accroître les captures à un niveau raisonnable que nous le fixons empiriquement à 75% de la valeur calculée soit à un plafond de 60.000 tonnes. Mais il sera fortement recommandé plus de précision dans le calcul du taux minimum d'exploitation susceptible d'être supporté par le stock pélagique. Aussi un échantillonnage régulier des débarquements des professionnels dans les principaux ports permettrait l'estimation rigoureuse des différents paramètres dynamiques des principales espèces exploitées.
Mots clé : Abondance relative, estimation de la biomasse, potentiel exploitable, petits pélagiques, eaux tunisiennes.

ABSTRACT

Relative abundance and biomass assessment of the small pelagic of the Tunisian waters: Within the frame of the National Program (PNM), "Assessment of Marine Tunisian Resources" (1996-1999), two prospecting surveys on small pelagic fishes, have been led in narrow collaboration with French Institute IFREMER. Their objectives were to specify the relative fishes abundance, their spatial-temporal variability but also to quantify the maximum sustainable yield (MSY) of this resource. A third important goal was to familiarize a Tunisian scientist team, with numerical methods and data processing used during the cruises (reading of echograms, treatments of data, etc.) in stocks assessment.
It is known that the indirect stocks assessment methods of small pelagic species is not reliable, reason for which we opted to apply echo - integration techniques.
Those campaigns revealed that for all the Tunisian waters, and despite of possible sources of errors in the estimation of the MSY and considering the level of exploitation that turns to best around 35.000 tons, we assume the possibility of increasing captures to a reasonable level. That level was fixed empirically to 75% of the calculated value, to 60.000

Tons. But it will be recommended more accuracy in the calculation of the minimum rate of exploitation to be supported by small pelagic stocks. A regular sampling of professional landings in the main harbours would permit the available estimation of the different dynamic parameters of the main exploited species.

Key Words : relative Abundance, biomass assessment, Maximum sustainable yield, small pelagic, Tunisian water

INTRODUCTION

L'activité halieutique professionnelle dans les eaux tunisiennes se caractérise par deux grands types d'exploitation de la ressource s'articulant autour des espèces démersales et pélagiques.

La pêche démersale fait l'objet d'une exploitation intensive particulièrement de la part des chalutiers le long des côtes tunisiennes, mais en particulier dans le golfe de Gabès. Contrairement la pêche des petits pélagiques fait l'objet d'une sous-exploitation par les lamparos, quelques chalutiers pélagiques et des petits senneurs cantonnés dans le golfe de Gabès.

Toutes les études, même les ponctuelles, parlent des potentialités appréciables de pêche en petits pélagiques le long des côtes tunisiennes.

Néanmoins, une discordance est constatée entre les valeurs estimées (potentiel exploitable) et les valeurs réelles (valeur de production). De plus des diminutions des captures attribuées à une disparition pure et simple des bancs des poissons sont clairement constatées. Tous ces facteurs ont amené à la mise à la disposition de l'Institut National des Sciences et Technologie de la Mer du navire de recherche de l'Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER) "l'Europe" aux fins d'effectuer deux campagnes d'échosondage et de prospection des petits pélagiques des eaux tunisiennes et d'actualiser nos connaissances sur l'état des ressources des petits pélagiques en Tunisie, (répartition, mouvements, biomasse, potentiel exploitable etc.) afin de fournir aux administrations et à la profession des avis leur permettant de gérer convenablement cette pêcherie.

Ces campagnes avaient pour objectifs:

- l'échosondage et la prospection des petits pélagiques des eaux tunisiennes en relation avec certains paramètres du milieu (salinité, température, plancton, type de fond, etc.)
- Le transfert aux mains des tunisiens, ayant un aspect théorique de la question, des techniques pratiques de l'échosondage (conception, protocole opérationnel, matériels et équipements utilisés, interfaces et périphériques, etc.)
- Familiariser une équipe tunisienne avec les méthodes numériques et informatiques utilisées en participant à la lecture des écho-grammes et aux traitements des données des campagnes en mer en vue d'évaluer les stocks.

Les productions nationales, selon les annuaires statistiques de la Direction Générale de la Pêche et de l'Aquaculture, oscillent entre 25.000 et 34.000 tonnes, la production des petits pélagiques est relativement élevée aux mois d'avril jusqu'à octobre avec un optimum au mois de juin, juillet et août.

Les prospections réalisées conjointement par la F.A.O et l'Institut National Scientifique et Technique d'Océanographie et de Pêche (actuel INSTM) effectués dans le cadre du projet FAO/PNUD " Recherche et prospection pour le développement de la pêche en Tunisie", 1973, (Rijavec et Zaara, 1974, Rijavec et al, 1975) ont évalué à 580.000 tonnes la biomasse totale en petits pélagique dont 140.000 tonnes comme potentiel exploitable réparti comme suit: 93.000 tonnes à l'est et au sud et 47.000 tonnes à la façade nord (tab. I).

Tableau I- La répartition spécifique et régionale de ce potentiel exploitable des petits pélagique (Rijavec , et al., 1977)

Espèce	Nord (t)	Est et Sud (t)	Total (t)
Sardine	15.000	35.000	50.000
Sardinelle	4.000	33.000	37.000
Anchois	1.000	3.000	4.000
Maquereaux	9.000	11.000	20.000
Saurel	9.000	2.000	11.000
Divers	9.000	9.000	18.000
TOTAL	47.000	93.000	140.000

Ces valeurs n'ont jamais été atteintes et la discordance entre les valeurs estimées et les valeurs réelles est bien nette.

La campagne menée par le "Fridtjoff Nansen", en 1981 et réalisée dans le cadre du projet "Evoution et développement des ressources maritimes mondiales" n'a fait que confirmer les résultats avancés par le projet PNUD/FAO. (Hattour al, 1982 ; Aglen et Myklovell, 1982)

Les campagnes de prospection acoustique et de chalutage commercial et de démonstration menées de 1980 à 1983 par le "Tareq II", dans le cadre d'un projet FAO, ont révélé la présence en Tunisie d'un important potentiel de petits pélagiques (Guidicelli, 1983). La bande limitée par l'isobathe 100 m est riche en Sardine, Maquereaux et Saurels, elle supporte l'effort de la pêche au feu pendant les saisons d'activité. Puis une zone peu exploitée riche essentiellement en Saurels et Maquereaux, s'étendant jusqu'aux profondeurs de 180 mètres. Enfin la zone supérieure du plateau continental, jusqu'à 300 mètres de profondeur riche en Saurels et qui n'est pas suffisamment exploitée.

Toutes les études citées parlent donc des potentialités appréciables de pêche en petits pélagiques sur les côtes tunisiennes, et confirment une nette discordance entre les potentiels exploitables et les valeurs de production (Hattour 1985a, b).

Dans la présente étude seront exposés les résultats de deux campagnes de prospection hydroacoustique,

réalisée en coopération avec l'IFREMER de Sète et qui se sont déroulées du 8/4/98 au 28/4/98 et du 25/07/ au 28/08/1998.

MATERIEL ET METHODES

Principe de l'écho-intégration

L'écho-intégration est la méthode qui consiste à évaluer la biomasse des poissons pélagiques existants dans une zone déterminée à un moment donné. Son principe est basé sur l'emploi d'un sondeur vertical couplé à un intégrateur qui a pour mission de quantifier les échos reçus. Les campagnes hydroacoustiques permettent d'estimer la biomasse instantanée des stocks des petits pélagiques et de suivre l'évolution spatio-temporelle de leur abondance. Cette technique est la plus adéquate pour les petits pélagiques connus par leur migrations et leur dépendance vis à vis des conditions environnementales (Pauly, 1980, Fréon, 1988, Gascuel, 1995).

Matériel

Le navire à bord duquel se sont déroulées les campagnes de prospection et d'évaluation des petits pélagiques des eaux tunisiennes est le N/O L'Europe, un catamaran en Aluminium mis en service en 1994.

. Les caractéristiques de ce bateau sont les suivantes:

- Longueur Hors tout	29,60 m
- Largeur Hors tout	10,60 m
- Tirant d'eau	3,45 m
- Jauge brute	259,69 Tx
- Jauge nette	55,82 Tx
- 2 moteurs de propulsion SACM	470,00 CV x 2 à 1650 tr/mn
- 2 hélice à pas variable	282,00 T/mn
- Personnel Scientifique embarqué	nominal 8
- Personnel Naviguant	8
- Chambre froide	10 m^3 à - 20°C

. Les équipements scientifiques à bord dudit navire sont :

- Sondeurs écho-intégration	OSSIAN 1500, SIMRAD EK 500
- Sonar	SIMRAD SR 240
- Sondeurs scientifiques 12& 49 Khz	OSSIAN 500
- Netzsonde	
- Thermosalinomètre	SEABIRD SB 21
- PC Navigation scientifique	SODENA
- Système informatique sun	
- Système vidéo télésurveillance	

. Les équipements de navigation et de positionnement

- 2 radars RACAL DECCA	BRIDGEMASTER C
- Loch électromagnétique -	SAGEM LH 92
Pilote automatique	NECO 828
- Gyrocompas	BROWN SGB 1000
- GPS différentiel SERCEL	NR 103

Ce bateau est capable de mener les opérations de chalutage conventionnel (démersal et pélagique), il est alors équipé d'un chalut à Grande Ouverture Verticale, GOV de fond (4FF 176) dont l'ouverture verticale atteint 7m ; et un autre de type « Rock-hopper », utilisé sur les fonds durs.

Zone d'étude

La prospection des eaux tunisiennes s'est déroulée de jour depuis la frontière tuniso-libyenne en remontant vers le nord pour atteindre la frontière tuniso-algérienne. Les radiales suivies sont celles ajustées à la suite de la prospection de reconnaissance réalisée en avril 1998. Elles sont perpendiculaires à la côte et d'une allure parallèle les unes aux autres. Les reprises des radiales sont réalisées à l'endroit où elles avaient été interrompues la veille au soir.

Cinq zones différentes aussi bien du point de vue morphologie de fond que de l'étendue du plateau continental ont pu être identifiées pour réaliser séparément leurs prospections et estimer leur biomasse relative. Ces régions sont les suivantes :

1- La zone du golfe de Gabès et les hauts fonds de Kerkennah
2- La zone du Sahel
3- Le golfe de Hammamet et la région de Kélibia
4- Le golfe de Tunis et la zone de Bizerte
5- Les parages de La Galite et de Tabarka.

Stratégie d'échantillonnage

Rappelons que le couverture des eaux tunisiennes a été assurée suivant un plan d'échantillonnage arrêté suite des résultats de la campagne de reconnaissance conjointement réalisée au moi d'avril de la même année. Ce schéma présenté à la figure 1 comportait un réseau de

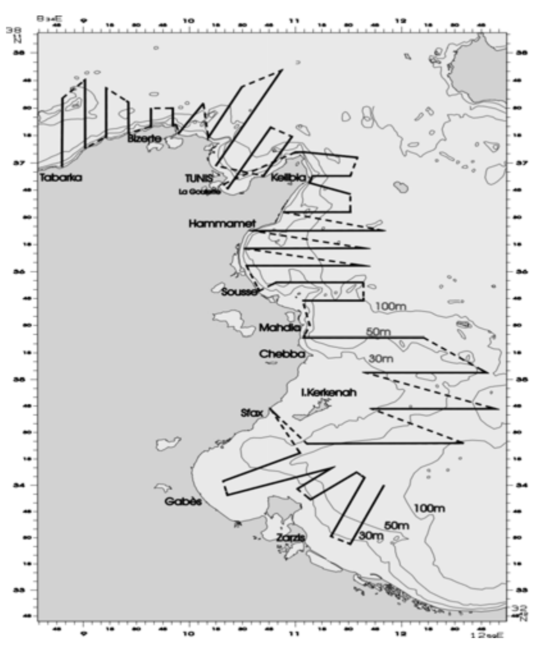


Figure 1- Radiale d'échointégration et de pêches expérimentales – août 1998. Navire NO « l'Europe »

radiales parallèles entre elles et perpendiculaires à la côte. Toute la prospection acoustique a été assurée, sauf en cas de mauvais temps, à une vitesse constante de 8 nœuds. Cette constance nous autorise une comparaison des échogrammes des bancs de poissons aussi bien dans le temps que dans l'espace.
En effet, les prospections sont faites de jour : les migrations nycthémérales des poissons vers la surface à la tombée de la nuit tout en se dispersant rend difficile voir impossible leur observation et la quantification de leur énergie réfléchie. Inversement à l'aube les poissons commencent leurs migrations vers les profondeurs en s'agrégeant en sub-surface, c'est cette opportunité qui est saisie pour réaliser les prospections acoustiques.
Nous avons fait notre possible pour commencer la radiale de la côte en allant vers le large, ce ci nous permet de minimiser les variations des facteurs environnementaux sur le déplacement et la distribution des bancs, mais également de prendre la décision adéquate pour prolonger ou arrêter les opérations de prospection sur cette radiale.

Chalutage d'identification
Le but des opérations du chalutage réalisé est de connaître la composition spécifique d'une structure d'agrégation des bancs observés au cours de la campagne d'écho-intégration. La vitesse de chalutage est à régler en fonction de la position des poissons, mais en moyenne elle est de 4 nœuds. Le temps de traîne, par contre, est en relation directe avec l'importance et la diversité des détections rencontrées, mais se situe généralement entre 30 et 60 minutes. Pour chaque trait de chalut, les espèces sont inventoriées, mesurées et pesées.
Pour établir les relations taille-poids des espèces bien présentées, des échantillons sont prélevés. Les tailles totales (à la fourche pour le genre *Scomber*) des individus sont mesurées au demi-cm près afin de pouvoir transformer les biomasses calculées en nombre d'individus.

Traitement des données
Cette étape suit la réalisation de la campagne et consiste à établir un lien entre les différents types de données relevés pour aboutir à l'estimation des paramètres que l'on souhaite obtenir comme résultats. Les informations disponibles après la campagne sont:
- les résultats de l'étalonnage : mesure de la sensibilité du transducteur, détermination des paramètres de la fonction TVG.
- les données acoustiques : Les échogrammes d'écho-intégration et d'écho-comptage cumulés pour les ESDU (Elementary Sampling Distance Unit) parcourus le long de la trajectoire du bateau.
- les données de pêche de reconnaissance : des échantillonnages biologiques effectués lors des pêches, composition en taille et en espèces, relations taille-poids, sex-ratio, prélèvement de gonade, contenu stomacal.
- données hydrographiques
- éléments sur la géographie de l'aire surveillée.

Le Système INES MOVIES génère des fichiers de données de signaux acoustiques numérisés, de données de navigation et de de résultats de l'écho-intégration. Ces données sont traitées par le logiciel ŒDIPE (Massé et Cadiou, 1992) qui fournit une aide à l'interprétation géographique des données et permet la représentation de la trajectoire suivie, la visualisation des déviations de l'écho-intégration sur les différentes radiales et la cartographie de la répartition des espèces capturées au cours des chalutages.

Calcul de la biomasse
Le facteur de conversion de l'écho intégrateur permet de calculer la densité par unité d'aire d'intégration. Le facteur de conversion est:

$$Ci=\frac{K}{\sigma i}$$

- K : Constante d'étalonnage, elle est fixe pour une campagne (ou plus). (σi) : Surface de réverbération moyenne par poisson et par unité de poids. Elle varie en fonction de l'espèce, de la taille du poisson, sa physiologie et son comportement. Cette variable peut être exprimée en terme d'intensité de réverbération ou « Target Strenght » (TS) comme suit:

$$\sigma i = 4\pi \times 10^{TS/10}$$

(σi) varie en fonction de l'espèce et de la taille du poisson (L)

$$\sigma i = 4\pi \times 10^{[ai+bi*\log_{10}(L)]/10}$$

Ainsi pour une espèce (i)

$$TS = ai + bi \times \log_{10}(L)$$

a et b sont les deux paramètres de l'équation de régression liant TS et L

Les relations entre TS et longueur figurent pour chaque espèce dans la littérature (Mc Lennan et Simmonds, 1992). La valeur L correspond à la longueur moyenne de distribution observée et non la longueur individuelle.
Dans le cas où plusieurs espèces seraient présentes au niveau d'une même concentration et que leurs marques sur l'échogramme ne peuvent être distinguées les unes des autres, il est possible de connaître la part de l'ého-intégration correspondant à chaque espèce par la méthode de Nakken et Domasness (1975).
L'estimation de la densité de chaque espèce i est par la suite obtenue en appliquant la formule suivante:

$$F_i = c_i \times E_i$$

F_i : densité (effectif ou poids par surface) pour l'espèce i
E_i : valeur d'intégration
c_i: constante de conversion pour l'espèce i dans l'aire considérée.

Les relations présentées ci dessus permettent de calculer les densités en nombre de poissons par classe de taille. Il

est possible de passer à l'échelle pondérale par l'intermédiaire des relations liant le poids à la taille.
Le calcul de l'abondance se fait par la suite en multipliant les valeurs de densités relatives à chaque espèce par la superficie des zones où elle fut observée:

$$Q_i = \sum A_k \times F_i$$

K : nombre de zones obtenues lors de la subdivision de la région où se fait la campagne. Cette subdivision faite selon la composition en espèce et en taille du stock.
A: superficie
L'abondance totale est alors obtenue en sommant les abondances de chaque espèce

$$Q_t = \sum Q_i$$

Calcul du potentiel exploitable
Pour évaluer le potentiel maximum de capture, Nous avons jugé opportun faire recours à une valeur approchée des potentiels de capture déduite de l 'équation :

$$Y_{max} = 0,5\ M \times By \quad \text{(Gulland, 1970)}$$

Y_{max} = Potentiel maximum de capture
B_v = Biomasse de stock vierge, c'est à dire telle qu'estimée par une campagne d'estimation acoustique
M = Coefficient de mortalité naturelle du stock de poisson en question
Cette équation a été dérivée par Gulland (1970) à partir du modèle de rendement par recrue de Beverton et Holt (1966) et du modèle de Schaeffer, 1954 avec les hypothèses suivantes :
- le recrutement reste plus ou moins constant et qu'il n'y a pas de surexploitation des juvéniles,
- la biomasse vierge correspond à la taille maximale du stock,
- et surtout la prise maximale équilibrée est prélevée quand la biomasse du stock est égale à la moitié de celle du stock vierge ;
- lorsqu'on exploite au niveau du Maximum Sustainable Yield, (MSY), la mortalité par pêche (F) est voisine de la mortalité naturelle.
Nous pouvons dés lors considérer que les stocks étudiés des petits pélagiques sont approximativement à l'état vierge, le rapport de la biomasse calculée et les débarquements réalisés sont de l'ordre de 0,1.
Dans la littérature, la mortalité naturelle (M), étant définie comme étant due à toutes les causes possibles de la mort des poissons en dehors de la pêche bien sûr. Ce qui veut dire que la détermination de M, doit se faire à partir des poissons qui ne sont pas pêchés. Cette valeur est fortement nécessaire pour faire tourner les modèles les plus couramment utilisés dans les études dynamiques des poissons.
Dans notre cas, nous avons emprunté le modèle empirique de Pauly 1980. En effet, il a été démontré que le paramètre K représentant le coefficient de catabolisme dans la courbe de croissance de Von Bertalanffy, 1938 est étroitement lié avec la longévité du poisson (Beverton et Holt, 1959), cette loi, dérivée en fait des données de croissance en liaison avec la courbe de croissance de Von Bertalanffy est plutôt applicable aux poissons de petite et moyenne taille (Pauly 1980) **:**

$-t_0$

$$t_{max} = \left(\frac{Ln(1 - \frac{Lmax}{L\infty})}{-K} \right)$$

En considérant $L_{max} = 0,95 * L_\infty$, la formule devient :

$$t_{max} = (2,9957/K) + t_0$$

En négligeant la valeur de t_0

$$t_{max} \cong (3/K)$$

t_{max} est alors la longévité approximative du poisson en question.

Dans le cas des poissons, la mortalité naturelle est inversement proportionnelle à la longévité par conséquent, elle est liée à K. Il va sans dire que cette mortalité est inversement liée à la taille du poisson, étant donnée que ceux de grande taille ont, comme règle, moins de prédateurs. Cette mortalité naturelle est également corrélée avec la température du milieu (Pauly, 1980)
Toutes ces relations s'expriment en considérant les tailles de croissance par la relation suivante :

$$log_{10}(M) = -0,0066 - 0,279 \times log_{10}(L_\infty) + 0,6543 \times log_{10}(K) + 0,4687 \times log_{10}(T)$$

Où
M = Coefficient de mortalité naturelle
L_∞ = longueur infinie en cm
K = calculé à partir de la courbe de croissance de Von Bertalanffy
T = La température moyenne annuelle de l'habitat du poisson en question en °C

Nous avons également emprunté la formule de Taylor,1962, pour le calcul de M

$$M = \frac{2,99 \times K}{2,996 + K \times t_0}$$

C'est à partir de ces deux relations que nous avons calculé la valeur moyenne de M de certaines espèces. Nous avons emprunté les valeurs des paramètres de croissance des données âge-longueur publiées par des auteurs ayant travaillé sur les espèces précédemment citées (tab. II)

Tableau : II-: valeur de M des petits pélagiques des eaux tunisiennes
D'après les équations empiriques de Pauly et Taylor

Paramètres Espèces	K	L∞	t_0	T°C	**M**(Pauly)	**M**(Taylor)	Moyenne
Sardina pilchardus Kartas, 1981	0,408	19,2	-0,94	13	0,79	0,47	0,6
Sardinella aurita Kartas, 1981	0,362	29,0	-0,94	13	0,65	0,41	0,5
Spicara flexuosa Hattour et al, 1985	0,165	24,7	-0,97	13	0,41	0,17	0,3
Caranx ronchus Kairdine, 1995	0,264	32,4	1,58	13	0,61	0,33	0,5
Scomber scombrus Hattour, 1979	0,390	30,2	-1,00	13	0,67	0,45	0,6
Scomber japonicus Hattour, 1979	0,110	36,0	-4,80	13	0,28	0,13	0,2
Engraulis encrasicholus (valeur utilisée par Rijavec et al, 1977)							0,8
Bops boops (valeur utilisée par Rijavec et al, 1977)							0,5

RESULTATS

Bilan des campagnes

- Campagne d'avril 1998 (OASIS1)

Cette croisière est considérée comme une mission de reconnaissance et de mise au point pour la campagne d'évaluation programmée pour le mois d'août (localisation des secteurs de plus fortes concentrations, distributions des classes de taille des différentes espèces). Elle a également permis de mettre au point une stratégie d'échantillonnage optimisée (plan des radiales, type de chalut à utiliser, etc.).

- Dates de la campagne : du 2/04/98 au 28/04/98.
- Secteur d'études : depuis le golfe de Gabès jusqu'à la frontière tuniso-algérienne
- Sondes : comprise entre 20 et 200 mètres
- Nombre d'ESDU enregistrés : 1020 Mn
- Nombre de traits de chaluts réalisés : 14
- Nombre de stations hydrologiques :13
- Nombre de stations planctoniques : 14

- Campagne d'août 1998 (OASIS2)

- Date de la campagne : du 25/07/98 au 28/08/98.
- Secteur d'études : ensemble des eaux tunisiennes depuis Zarzis jusqu'à Tabarka.
- Sondes : comprise entre 20 et 200 mètres
- Nombre de milles parcourus : 2000 Mn
- Nombre d'ESDU enregistrés : 1330 Mn
- Nombre d'ESDU analysés : 1330 Mn
- Nombre de traits de chaluts réalisés : 36
- Poids des captures par chalutage : 5646 kilogrammes
- Nombre d'individus échantillonnés : 12279, représentant 14 espèces
- Nombre de stations hydrologiques : 36
- Nombre de stations planctoniques : 36

Poissons capturés par chalutage pélagique des eaux tunisiennes

Les espèces les plus importantes dans les captures sont les sardines (*Sardina pilchardus*)et les sardinelles (*Sardinella aurita*), secondées par les saurels (*Trachurus trachurus, T. mediterraneus*) et les maquereaux (*Scomber scombrus, S. japonicus*), les bogues (*Boops boops*) , les anchois (*Engraulis encrasicholus*) et les spicarels (*Spicara flexuosa*, *S. maena* et *Maena smaris*) (tab. III).

Tableau III- Taxonomie des espèces pélagiques des eaux tunisiennes

Ordre	familles	noms communs	noms scientifiques
Clupéiforme	Clupéidés	Sardine Sardinelle	*Sardina pilchardus* *Sardinella aurita*
	Engraulidés	Anchois	*Engraulis encrasicholus*
Perciformes	Carangidés	Chinchard bleu Chinchard à queue jaune Chinchard	*Trachurus trachurus* *Trachurus mediterraneus* *Trachurus picturatus*
	Scombridés	Maquereau commun Maquereau espagnol	*Scomber scombrus* *Scomber japonicus*
	Sparidés	Bogue	*Boops boops*
	Centracanthidae	Picarel commun Mendole commune Gerle Picarel guetteur	*Spicara smaris* *Spicara maena* *Spicara flexuosa* *Centracanthus cirrus*

D'autres espèces sont prises parmi les espèces pélagiques notamment les merlus (*Merluccius merluccius*) et les rougets (*Mullus barbatus), M. surmeletus*) qui semblent faire des migrations verticales nocturnes importantes.

Démographie des captures et relation taille-poids

Les distributions des fréquences de tailles des principales espèces pélagiques des eaux tunisiennes sont représentées par les histogrammes de la figure 2**.**

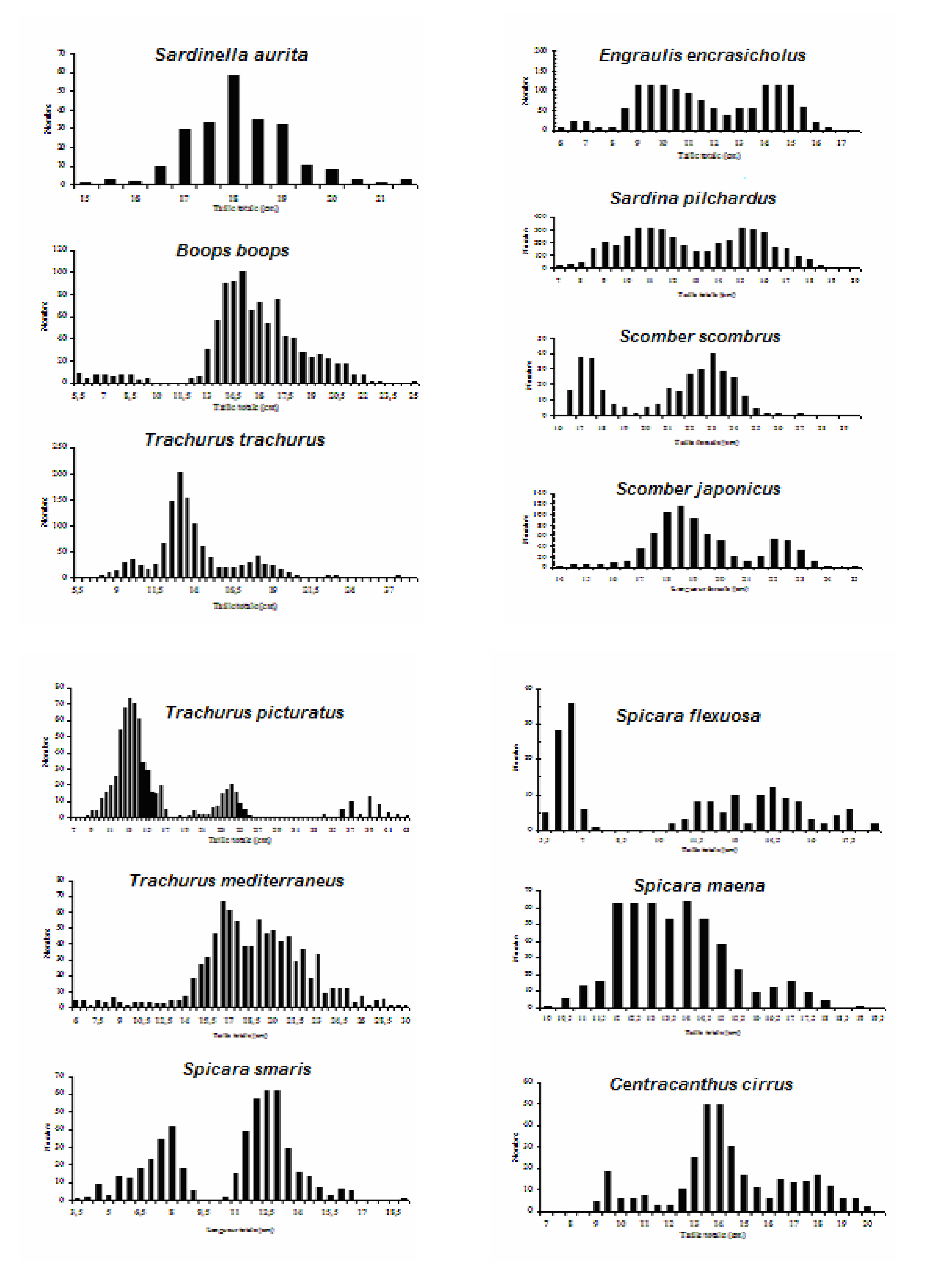


Figure 2- Répartition des fréquences de tailles des petits pélagiques des eaux tunisiennes, d'après les échantillonnages réalisés sur les captures expérimentales.

Pour chaque espèce les effectifs sont ceux des échantillons pris à chaque trait, puis les échantillons relatifs aux traits de la zone sont groupés, le nombre total des individus mesurés est alors calculé par extrapolation à la totalité des captures. De la même manière nous avons procédé pour le calcul de l'effectif des individus échantillonnés pour toute la Tunisie.

Pour l'anchois (*Engraulis encrasicholus*), les tailles totales mesurées varient de 6 à 16,5 cm deux classes modales de taille se distinguent, l'une aux environs de 10 cm et l'autre autour de 14,5 cm. Ce qui est certains, c'est qu'on peut parler d'un recrutement important en cette espèce dans les eaux du golfe de Gabès. Le golfe de Tunis par contre se distingue par la simultanéité des individus de petite et belle taille.

En ce qui concerne la sardine (*S. pilchardus*), les tailles totales vont de 7 à 19 cm, les classes modales ont été observées pour les tailles 10,5 et 15 cm.

Deux pics ont été observés dans la distribution des fréquences de taille des deux maquereaux, à 17 et 23 cm pour le maquereau commun et à 18,5 et 22 cm pour le maquereau espagnol

La sardinelle (*Sardinella aurita*) dont la répartition des fréquences de taille présente une allure gaussienne, montre quand même un pic pour la taille 18 cm.

Les bogues (*Boops boops*) montrent une cohorte de 5,5 à 9,5 cm, qui représenteraient les individus de la dernière ponte printanière, suivi d'une population dont la classe modale s'est située autour de 15 cm.

Les Carangidés sont bien présents dans les prises et concernent aussi bien les poissons de petites que de grandes tailles, ainsi pour les trois espèces identifiées le chinchard commun (*Trachurus trachurus*) dont les tailles varient de 8 à 38,5 cm avec un pic autour de 13 cm, a été surtout rencontrés dans la zone est, le *Trachurus picturatus* est présent dans depuis l'est jusqu'à la zone de Tabarka. C'est dans la zone du golfe de Tunis et de la région de Bizerte que nous avons rencontré les individus de taille importante mais dans les grands fonds. Le chinchard à queue jaune (*Trachurus mediterraneus*) à été présent aussi bien dans le sud que dans la région du golfe de Tunis avec une distribution grossièrement similaire.

Parlant des Centracanthidés, nous pouvons affirmer que l'espèce *Spicara smaris*, est principalement pêchée, selon nos prospections, dans la région est. Les tailles sont réparties entre 3,5 et 19 cm avec la présence de deux pics autour de 8 et 12,5 cm. L'espèce *Spicara flexuosa* , est plutôt pêchée dans le golfe de Tunis et la région de Bizerte où nous avons remarqué la présence de juvéniles dans la frange côtière, alors que plus au large les individus ont la taille variant de 10,5 à 18,5cm. L'espèce *Spicara maena* , est rencontrée à l'est, au golfe de Tunis et dans la région de Bizerte avec une répartition de fréquence.

Signalons que les poids moyens et les longueurs moyennes des espèces capturées sont récapitulés dans le tableau IV.

Les relations de taille-poids sont établies pour les espèces que nous avons considérées pélagiques, en les groupant aussi bien par zone de pêche et pour toutes les eaux tunisiennes. Les résultats sont consignés dans le tableau V.

Tableau : IV- Campagne août 1998 : données sur les captures totales et les échantillonnages réalisés

Especes	**Masse (Kg)**	**Masse échantillon**	**Nombre individus échantillonnés**	**Masse Moyenne (g)**	**Taille Moyenne (cm)**
Sardina pilchardus	2459	78,4	4273	18,4	12,8
Sardinella aurita	419	9,6	230	41,5	18,1
Engraulis encrasicholus	876	18,5	1538	12,1	11,8
Trachurus trachurus	645		1194	27,2	14
Trachurus mediterraneus	132	52,6	857	61,4	18,6
Trachurus picturatus	267	45,6	679	67,2	16,6
Scomber scombrus	87	32,2	330	97,5	20,7
Scomber japonicus	178	59,9	752	78,6	19,4
Boops boops	60	35,6	918	40,9	15,7
Spicara smaris	39	7	497	14,1	10,7
Spicara maena	23	14,3	506	28,3	13,7
Spicara flexuosa	4	3,3	170	19,3	10,6
Centracanthus cirrus			338	41,6	14,4

Tableau : V- Récapitulation de la relation taille-masse, des espèces capturées dans les eaux tunisiennes
w = Masse en gramme Lt = Longueur totale en centimètres Lf = Longueur à la fourche en centimètres

Espèce	Nombre individus	Masse moyenne	Taille moyenne	Relations	R²
Sardina pilchardus	4264	18,3	12,8	$W = 0{,}0059\ Lt^{3{,}0957}$	0,999
Sardinella aurita	230	39,4	18,1	$W = 0{,}019\ Lt^{2{,}653}$	0,919
Engraulis encrasicholus	1538	12,1	11,8	$W = 0{,}0042\ Lt^{3{,}17}$	0,985
Trachurus trachurus	1194	27,2	14,0	$W = 0{,}0114\ Lt^{2{,}8921}$	0,994
Trachurus mediterraneus	858	61,3	18,6	$W = 0{,}099\ Lt^{2{,}9433}$	0,989
Trachurus picturatus	679	67,2	16,6	$W = 0{,}0104\ Lt^{3{,}2978}$	0,988
Scomber scombrus	331	97,2	20,8	$W = 0{,}027\ Lf^{3{,}4303}$	0,989
Scomber japonicus	752	78,5	19,4	$W = 0{,}0046\ Lf^{3{,}2784}$	0,998
Boops boops	918	38,8	15,7	$W = 0{,}0146\ Lt^{2{,}8257}$	0,996
Spicara maena	506	28,3	13,7	$W = 0{,}0365\ Lt^{2{,}5366}$	0,995
Spicara smaris	497	14,2	10,7	$W = 0{,}021\ Lt^{2{,}6725}$	0,988
Spicara flexuosa	170	19,3	10,0	$W = 0{,}0152\ Lt^{2{,}8765}$	0,999
Centracanthus cirrus	338	41,6	14,4	$W = 0{,}0028\ Lt^{3{,}4018}$	0,996

Densités

Les densités relatives sont consignées dans le tableau VI qui montre à l'évidence que celles du golfe de Tunis et Hammamet sont les plus élevées. Contrairement la zone Nord est la plus faible ne représentant que 1,98 t/Mn² soit prés de 4% des densités des golfe de Tunis ou de Hammamet (tab. VI).

Tableau : VI- Densités relatives en petits pélagiques des zones prospectées

Secteur	surface MN²	Densité relative Tonne/MN²
Secteur Sud (golfe de Gabès)	4789	25,89
Secteur du Sahel	2840	20,93
Secteur du golfe de Hammamet	1888	41,83
Secteur du golfe de Tunis	936	47,78
Secteur Nord	485	1,98
TOTAL	**10898**	**28,18**

La densité moyenne des poissons dans toute l'aire couverte par la campagne de prospection est estimée à 28,18 t/Mn², (tab. VI), ce qui ne représente que 52% de la densité moyenne estimée par Rijavec et Zaara (1974) et Rijavec et *al*. (1977).

Il faut remarquer que la zone sud qui représente 43,6% de l'aire totale prospectée contient 40% de la biomasse totale. Elle est d'une densité voisine de 26 t/Mn², valeur qui ne représente que 72,2% de la densité trouvée en 1973 (Rijavec et al, 1977), elle est de 36 t / Mn².

En revanche, la zone Nord (Tabarka-Cap Bon) n'a pas dévoilé les mêmes perspectives. Alors qu'en 1973 la biomasse estimée a été de 195 000 tonnes et une densité moyenne de 82 t / Mn², l'actuelle prospection n'a fait état que de 46 000 tonnes et une densité moyenne de 32 t / Mn². Toutes les concentrations sont enregistrées dans le golfe de Tunis et la région de Bizerte, au-delà la densité calculée est très faible soit 2 t Mn² .

Biomasses

Nous présentons dans le tableau VII une récapitulation de la biomasse totale estimée des petits pélagiques des eaux tunisiennes répartie sur les régions considérées. La biomasse totale a été estimée à 307.069 tonnes, composée principalement de sardine (36,7%) puis successivement de sardinelle (24,3%), des saurels (17%), de la bogue (10%), des maquereaux (5,3%), de l'anchois (3,9%) et des spicarels (2,6%).

Pour chacun des cinq secteurs géographiques précédemment identifiés, l'analyse de la composition des captures des chalutages et de la structure des bancs a

permis d'identifier la répartition des différentes espèces, et d'aider à la discrimination des strates.
Le Secteur du golfe de Gabès d'une superficie de 4749 Mn², possède la biomasse la plus importante, soit 122.974 tonnes donnant lieu à une densité moyenne de 25,890 tonnes/Mn². Le Secteur De La Chebba à Sousse d'une superficie de 2840 Mn² possède une biomasse égale à 59.446 tonnes donnant lieu à une densité moyenne de 20,93 tonnes/Mn². C'est dans le Secteur de Sousse au Cap Bon que nous avons enregistré les plus fortes déviations. Ce secteur d'une superficie de 1888 Mn², possède une biomasse égale à 78.970 tonnes donnant lieu à une densité moyenne de 41,83 tonnes / Mn². Dans le golfe de Tunis et la zone de Bizerte la sardine a dominé dans les captures. Ce secteur d'une superficie de 936 Mn² possède une biomasse égale à 44720 tonnes donnant lieu à une densité moyenne la plus forte soit 47,78 tonnes/Mn². Enfin le secteur de Bizerte à Tabarka a révélé des déviations d'échoi-ntégration très faibles. Un tel secteur très ouvert aux vents du nord ayant des fonds très accidentés et peu propices aux opérations de chalutage. Il n'a pas été possible de dévoiler ses secrets de cette zone et ce en raison surtout des très mauvaises conditions météorologiques qui ont dominé pendant les prospections du bateau « L'Europe ». Ce secteur d'une superficie de 485 Mn² possède une biomasse estimée à 959 tonnes donnant lieu à une densité moyenne de 1,98 tonnes / Mn².

Tableau : VII- Répartition de la biomasse spécifique par région

Espèce / **Secteur**	Golfe de Gabès	Chebba/ Sousse	Hammamet	G.Tunis/ Bizerte	La Galite	Total / Espèce
Sardina. pilchardus)	49 068	14 684	27 679	21 263		112 694
Sardinella aurita)	48 992	14 039		11 397	208	74 636
Engraulis .encrasicholus	8 768	27	2 374	678		11 847
Trachurus picturatus)			1 207		91	1 298
Trachurus mediterraneus	5 412	9 093	8 378	3 917		26 800
Trachurus trachurus)			23 654	1 123	93	24 870
Scomber. scombrus)		2 324	770	921		
Scomber. japonicus	10 731	641	551	87	133	12 143
Boops boops	2	16 294	11 890	2 378	225	30 789
Spicara spp	1	2 344	2 467	2 956	209	7 977
TOTAL	**122 974**	**59 446**	**78 970**	**44 720**	**959**	**307 069**

Potentiel exploitable

D'après nos calculs, nous pouvons avancer, avec les précautions qui s'imposent, que 85.000 tonnes de poissons pélagiques pourraient être exploitées (tab. VIII). Ces précautions sont à considérer car :
Tous les paramètres utilisés sont plutôt de l'approximation :

- Le stock n'est pas vierge, mais en état d'exploitation.
- Toute la biomasse calculée n'est pas exploitable, certains stocks sont inaccessibles.
- Les poissons juvéniles représentent 42% de la biomasse estimée, et ce en nous basant sur les pêches expérimentales réalisées au cours de l'actuelle campagne de prospection.

Notons qu'en 1973, il a été démontré une grande similitude des résultats obtenus pour les diverses campagnes saisonnières. Ce qui laisse croire que les divers stocks pélagiques n'accomplissent pas, le long de la côte, des migrations importantes. Mais les estimations de la biomasse ont montré une légère importance des campagnes estivales ; résultats qui furent confirmés par l'analyse des données d'abondances relatives (Rijavec et al, 1977).
De plus, le recours à la composition spécifique des chalutages expérimentaux pour l'estimation de la biomasse et les potentiels exploitables des stocks de diverses espèces pourrait ne pas être totalement justifié pour plusieurs raisons :

- La répartition spatio-temporelle des espèces n'est pas constante
- La sélectivité des engins utilisés vis à vis des espèces rencontrées est différente
- Le taux de capturabilité est différent, de chaque engin utilisé vis à vis de la taille des espèces rencontrées (capacité des espèces d'éviter le chalut).

Ces erreurs systématiques éventuelles affecteront l'estimation de la biomasse propre à chaque espèce, mais pourraient préserver la biomasse globale.

Tableau VIII- : Répartition du potentiel exploitable (tonnes)par espèce et par région

Espèces	Zone Mortalité	Golfe de Gabès	Chebba/ Sousse	Golfe de Hammamet	G.Tunis/ Bizerte	La Galite/ Tabarka	TOTAL
Sardine	M= 0,6	**14 720**	**4 405**	**8 304**	**6 379**		**33 808**
Sardinelle	M= 0,5	**12 248**	**3 510**	**0**	**2 849**	**52**	**18 659**
Anchois	M= 0,8	**3 507**	**11**	**950**	**271**		**4 739**
Chinchard	M= 0,5	**1 353**	**2 273**	**8 310**	**1 260**	**46**	**13 242**
Maquereau	M= 0,6	**3 219**	**890**	**396**	**302**	**40**	**4 847**
Bogue	M= 0,5	**1**	**4 074**	**2 973**	**595**	**56**	**7 697**
Spicarel	M= 0,3	**0,25**	**586**	**617**	**739**	**52**	**1 994**
Total		**35 048**	**15 748**	**21 549**	**12 395**	**246**	**84 987**

CONCLUSION

L'exploitation des petits pélagiques dans les eaux tunisiennes occupe une place privilégiée dans le secteur de la pêche. Avec la pleine exploitation du plateau continental en ressources démersales, mis à part la façade Nord du pays, et la situation de surexploitation du golfe de Gabès, les poissons pélagiques généralement constitueront sans aucun doute, les solutions de rechange et même les créneaux de développement du secteur à côté de l'aquaculture bien évidemment. La connaissance des potentialités des eaux tunisiennes, et le contrôle cyclique de ces ressources sont impératifs pour une exploitation rationnelle et durable.

Les sardines, les maquereaux et les saurels ont une longévité relativement importante, de ce fait les variations notées et qui sont causées par une exploitation plus ou moins intenses sont tamponnées par un nombre important de classe d'âge qui participent à la reproduction, ce qui va limiter inéluctablement les aléas d'un mauvais recrutement. Par contre, l'anchois qui est une espèce à vie courte, en conséquence son recrutement sera d'autant variable d'une année à l'autre que le niveau de son exploitation est plus ou moins important. Même si l'alimentation de l'anchois est compétitive avec les sardines, elle ne semble pas occuper systématiquement les mêmes répartitions géographiques.

Le golfe de Gabès, qui n'est pas réputé pour ses concentrations en anchois, ni en sardine ou sardinelles d'ailleurs, a vu sa vocation changer depuis quelques années déjà et les Clupéidés sont devenus alors les espèces cibles. C'est à se demander si le même phénomène se renouvelle avec l'anchois. Cette situation n'est point une surprise quand on est en connaissance des modifications profondes qui ont affecté les eaux du golfe par suite de déversements continus des rejets des industries chimiques implantés depuis 1977 dans la région (Darmoul, 1980 ;1988).

Nous ne pouvons pour le moment prédire la tendance de l'ensemble des petits pélagiques, nous ne disposons que des travaux de 1973, assez anciens pour pouvoir nous baser sur les conclusions survenues dans ce travail. Par contre, cette campagne sera désormais une référence pour les prochaines et la tendance sera alors bien étudiée. Ce que nous pouvons retenir de cette campagne :

- Dans le golfe de Gabès, hors la zone purement côtière (inférieure à 15 mètres), des détections ont pu être identifiées; il s'agissait de sardine, sardinelle et des anchois relativement de petite taille, entre 8 et 10 cm. Certains étaient matures. La biomasse calculée est de 123.000 tonnes dont 71.000 des adultes soit 60%.
- Dans la région du Sahel, par des fonds de 40 mètres, d'importantes détections de poissons ont été observées. Dans le golfe de Hammamet, sur des sondes de 135 mètres, des détections diffuses à proximité du fond ont été observées, il s'agissait de chinchard (*Trachurus trachurus et Trachurus mediterraneus*). La biomasse calculée dans ces deux régions est 138.000 tonnes dont 65.000 des adultes soit 56%.
- Le golfe de Tunis a révélé d'importantes concentrations. Les traits de chalut ont permis la capture de sardines et des chinchards,. La biomasse calculée dans cette région est 45.000 tonnes dont 21.000 des adultes soit 55,34%.
- Dans la partie Nord, le chinchard domine dans les captures, mais les sardines et les anchois étaient présents, toutefois les détections restent faibles dés que le fond de 100 mètres sont atteints. La biomasse est 1.000 tonnes dont 357 des adultes soit 79%.

Pour toute la Tunisie et malgré les sources possibles d'erreur de l'estimation du potentiel exploitable et compte tenu du niveau d'exploitation qui tourne au mieux autour de 35.000 tonnes, nous pouvons affirmer la possibilité d'accroître les captures à un niveau raisonnable que nous pouvons fixer empiriquement à 75% de la valeur calculée soit à un plafond de 60.000

tonnes. Pour assurer une meilleure précision dans le calcul du taux maximum d'exploitation susceptible d'être supporté par le stock, nous envisageons d'effectuer un échantillonnage régulier des débarquements des professionnels dans les principaux ports, permettant l'estimation rigoureuse des divers paramètres dynamiques des principales espèces exploitées.

BIBLIOGRAPHIE

Aglen A., et S. Myklevoll, 1982. A survey of the pelagic resources in Tunisian waters mars 1981 with the R/V Dr Fridtjoff Nansen, *Report of the Institute of Marine Research Bergen, 33p.*

Bertalanffy L. Von., 1938. A quantitative theory of organic growth (inquiries on growth laws),II. *Hum, Biol., 10 (2) 181 – 213.*

Beverton R.J.H. et S.J. Holt, 1966. Manual of methods for fish stock assessment, Part 2, Tables of yield functions, *FAO Fish. Tech. Paper, 38. Rev. 1-67.*

Darmoul B., 1980. Effets des rejets industriels de la région de Gabès (Tunisie) sur le milieu marin récepteur, *Bull. Inst. Natn. Scient. Tech. Océanogr. Pêche Salammbô. (7) 5-61..*

Darmoul B., 1988. Pollution dans le golfe de Gabès (Tunisie) : bilan de six années de surveillance (1976-1981), *Bull. Inst. Natn. Scient. Tech. Océanogr. Pêche Salammbô. (15) 61-84.*

Freon P. 1988. Réponses et adaptation des stocks des clupéidés d'Afrique de l'ouest à la variabilité du milieu et de l'exploitation:analyse et réflexion à partir de l'exemple du Sénégal. Collection Etudes et Thèses, Eds ORSTOM : 287p.

Gascuel D., 1995. Efforts et puissances de pêche : redéfinition des concepts et exemples d'application In « les recherches françaises en évaluation quantitative et modélisation des ressources et des systèmes halieutiques » *Gascuel D., Durand J.L., Fonteneau A., Eds. Colloques et séminaires ORSTOM : 159-181.*

Guidicelli M., (983. Résultats des opérations de chalutage commercial de démonstration et de reconnaissance du TAREK II au large de la Tunisie, (décembre 1980 - septembre 1982), *Rapp. Projets PNUD/FAO TUN/79/001 et TUN/81/002 (Phase I) 147 p.*

Gulland J. A., 1970. The fish resources of the ocean, FAO - *Fish Tech. Paper, (97) 425p.*

Hattour A., 1979. Contribution à l'étude des scombridés des eaux tunisiennes), *DEA Biologie Marine et Océanographie, Université de Tunis, Faculté des Sciences de Tunis, 1-168.*

Hattour A., 1985a. La pêche des petits pélagiques en Tunisie: Production et estimation du potentiel exploitable, *Rap. et Doc. Inst. Nat. Scient. Tech. Océanogr. Pêches, Salammbô,(3) 17-28.*

Hattour A., 1985b. Le chalutage pélagique : quelques considérations générales, *Rap. et Doc. Inst. Nat. Scient. Tech. Océanogr. Pêches, Salammbô,(1) 29-38.*

Hattour A., Turki, B. et N. Zammouri, 1982. Abondance relative des stocks de poissons pélagiques dans les eaux tunisiennes. Croisière du Dr Fridtjoff Nansen (19-31 Mars 1981) *Rapports et Documents INSTOP Vol.1 p:1-33*

Hattour A., Turki, B. et N. Zammouri, 1985. Quelques aspects de la biologie de *l'espèce Spicara flexuosa* (Rafinesque 1810) des eaux tunisiennes, *Bull. Inst. Natn. Scient. Tech. Océanogr. Pêche, Salammbô, (12) 143-162.*

Kairdine A.O.M., 1995. Contribution à l'étude morphologique et biologique de *Caranx ronchus* Geoffroy St-Hilaire, 1817, et *Caranx crysos* Mitchill, 1815, (Poissons téléostéens, Carangidae) des côtes tunisiennes, *D.E.A. d'écologie et de biologie animale, Université de Tunis, Fac. Sci. Tunis.86p.*

Kartas F., 1981. Les clupéidés de Tunisie caractéristiques biométriques et biologiques, étude comparée des populations de l'Atlantique est et de la Méditerranée, *Thèse de doctorat d'état es- sciences naturelles, Faculté des Sciences de Tunis, 608p.*

Masse J. et Y. Cadiou, 1982. Œdipe, Manuel d'utilisation , *Nanates DRV RH, IFREMER, 3p*

Mc Lennan, D.N. et E.J. Simmonds, 1992. Fisheries acoustics, *Fish and fisheries Series 5 Chapman & Hall Edit, 325p.*

Nakken O. et A., Domasness , 1975. The application of an echo-integration system in investigation of stocks strength of the Barents sea capelin, 1971-1974, *Int. Coun. Explor. Sea, (25) 2 p.*

Pauly D., 1980. On the interrelationships between natural mortality, growth parameters and mean environmental temperature in 175 fish stocks, *J. Cons. Int. Explor. Mer 39 (3), 175-192.*

Rijavec L. et Y. Zaara, 1974. Distribution et abondance relative des stocks de poissons pélagiques dans les eaux tunisiennes en 1972, *Bull. des Pêches (1) 87-133.*

Rijavec L., Johannesson, K. et M. Gueblaoui, 1977. Estimation de l'abondance absolue des stocks de poissons pélagiques dans les eaux tunisiennes, . *Bull. Inst. Natn. Scien. Tech. Océanogr. Pêche, Salammbô, 4(2-4) 221-262.*

Taylor C.C., 1962. Growth equations with metabolic parameters, *J. Cons.Inter. Explor. Mer 27 (3) 270-286.*